

# DETERMINE THE MASS OF THE MESON MASS AND CONSTITUENT VIA THE COMPLETE HAMILTONIAN

G.Nurbakyt<sup>1</sup>, S.E.Kemelzhanova<sup>1</sup>

[gumi-nur@mail.ru](mailto:gumi-nur@mail.ru)

<sup>1</sup>Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

**Key words:** the interaction hamiltonians, mass calibration in the field, the dimension of the space, the energy spectrum of the quantum oscillator, the optical trap.

**Abstract.** In this work it was designed mass spectrum of mesons consisting of light-heavy quarks. The dependence of the constituent mass of the orbital quantum number. Although that was not introduced matrix Cabibbo-Kobayashi-McAvoy, all the characteristics have been determined by the constituent quark masses. In the calculations we took into account the singlet-octet mixing. The results coincide with the experimental data for both light and heavy quarks.

## ТОЛЫҚ ГАМИЛЬТОНИАНДЫ ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ МЕЗОНДАРЫҢ МАССАСЫН ЖӘНЕ КОНСТИТУЕНТТІ МАССАСЫН АНЫҚТАУ

Г. Нұрбақыт<sup>1</sup>, С. Е. Кемелжанова<sup>1</sup>

[gumi-nur@mail.ru](mailto:gumi-nur@mail.ru)

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** әсерлесу гамильтонианы, келтірілген масса, калибрлік өріс, кеңістіктің өлшемділігі, энергиялық спектр, кванттық осциллятор, оптикалық тұзақ.

**Аннотация.** Бұл жұмыста жеңіл-ауыр кварктардан тұратын мезондардың массалық спектрі есептеп табылды. Конституентті массаның орбиталды кванттық саннан тәуелділігі анықталды. Кабибо-Каваяшева-Макава матрицасы негізілмегенімен, сипаттамалары кварктердің конституентті массасы арқылы анықталды. Есептеулер кезінде октет синглетті араласу ескерілді. Бұл жеңілінен бастап ауырына дейінгі барлық кварктік құрылымдар үшін тәжірибелік нәтижелермен қанағаттанарлық сәйкестік тапты.

### МАҚАЛА МӘТІНІ

Осцилляторлық өрнек (ОӨ) нолдік жуықтауында, мынадай теңдеулер жүйесін аламыз:

$$E = \frac{\omega^{2\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)}{8\rho^2 \mu \cdot \Gamma\left(\frac{d}{2} + 2\rho - 1\right)} + \frac{\sigma}{\omega^\rho} \cdot \frac{\Gamma\left(\rho + 2\rho\right)}{\Gamma\left(\rho + 2\rho\right)} - \frac{4\alpha_S \omega^\rho \Gamma\left(\rho + 2\rho\right)}{3\Gamma\left(\rho + 2\rho\right)} +$$

$$+ \frac{16\alpha_S \ell_1 \bar{S}_2 \varphi^{3\rho}}{9\mu_1 \mu_2} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\rho + 2\rho\right)} + \frac{\alpha_S \ell_1 \varphi^{3\rho}}{6\mu^2 \Gamma\left(\rho + 2\rho\right)} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right) -$$

(1) формуласының жалғасы

$$-\left(\frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2}\right) \cdot \frac{\sigma(\vec{S})}{12} \frac{\omega^{\rho} \Gamma(\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(\rho+2\rho\ell)} + \frac{\alpha_S}{3} \left[ \frac{S_{12}}{\mu_1 \mu_2} + \frac{\sigma(\vec{S})}{3} \left( \frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1 \mu_2} \right) \right] \times$$

$$\frac{\omega^{3\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\Gamma(\rho+2\rho\ell)},$$

және төмендегі өрнектен осциллятордың жиілігі

$$\omega^{3\rho} - \frac{4\rho^2 \mu \sigma \Gamma\left(\frac{d}{2} + 3\rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} - \frac{16\alpha_S \mu \rho^2 \omega^{2\rho}}{3} \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} + \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} +$$

$$+ \frac{64\alpha_S \mu \rho^2 \ell \sigma_1 \vec{S}_2}{3\mu_1 \mu_2} \cdot \frac{\omega^{4\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\left(\frac{d}{2} + 1\right)} + \frac{2\rho^2 \alpha_S \ell (\ell+1)}{\mu} \frac{\omega^{4\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\left(\frac{d}{2} + 1\right)} -$$

$$-\left(\frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2}\right) \cdot \frac{\sigma \mu \rho^2 \omega^{2\rho} \sigma(\vec{S})}{3} \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} + \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} + 4\rho^2 \alpha_S \mu \left[ \frac{S_{12}}{\mu_1 \mu_2} + \frac{\sigma(\vec{S})}{3} \left( \frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1 \mu_2} \right) \right] \times$$

$$\omega$$

$$\omega^{4\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)$$

$$\times \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} = 0,$$

$\mu_1, \mu_2$  және  $\mu$  параметрлерінің функциясы ретінде.

$\mu_1, \mu_2$  массасы бар скаляр бөлшектердің әсерлесу гамильтонианы мына түрде жазылады:

$$H = \frac{1}{2\mu_1} P_1^2 + \frac{1}{2\mu_2} P_2^2 + V(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) \quad (3)$$

Мұндағы  $V(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) = W_{i,j}$  арқылы анықталатын әсерлесу потенциалы, онда әсерлесу гамильтонианының меншікті мәні болып табылады [6], яғни

$$H\psi(r_1, r_2) = E(\mu_1, \mu_2)\psi(r_1, r_2). \quad (4)$$

Онда  $\lim_{|x| \rightarrow \infty} J(\mu_1, \mu_2) \Rightarrow \exp\left\{x \cdot E(\mu_1, \mu_2)\right\}$  өрнегінен минимум шартынан  $\mu_j$  үшін мына теңдеуді аламыз [16]:

$$\mu_j - \frac{m_j^2}{\mu_j} + 2\mu_j \frac{dE(\mu_1, \mu_2)}{d\mu_j} = 0; \quad (5)$$

$\mu_1, \mu_2$  параметрлері массаның өлшемі. Алдағы есептеулерде жаңа параметр енгіземіз:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \quad (6)$$

Онда (5) өрнек мына түрде жазылады:

$$M = \mu_1 + \mu_2 + \mu \frac{dE}{d\mu} + E(\mu_1, \mu_2) = E(\mu) \quad (7)$$

мұндағы

$$\mu_1 = \sqrt{m_1^2 - 2\mu^2 \frac{dE}{d\mu}} \quad \mu_2 = \sqrt{m_2^2 - 2\mu^2 \frac{dE}{d\mu}} \quad (8)$$

Біздің әдісімізде байланыс күйінің энергетикалық спектр мен толқындық функциясы Шредингер теңдеуінен  $\mu$  конституенттік массасымен анықталады. Әсерлесудің релятивистік табиғатымен байланысты түзетумен емес, әсерлесу потенциалына тек түзетумен ғана емес, сонымен қатар (8) өрнекте  $\mu_1, \mu_2$  параметрлері арқылы да ескеріледі. Сондықтан әр түрлі авторлар анықтаған атомдық және адрондық байланыс күйлерінің қасиетін сипаттау үшін стандартты потенциалдарды пайдаланып конституенттік массасы бар Шредингер теңдеуінен (ШТ) релятивистік түзету спектрін анықтаймыз[4,5].

(5) өрнек және (6) өрнекке орай құрамға енетін массасы мен конституентті массасын анықтау үшін  $\mu$  параметрі бойынша дифференциалдаймыз. Бірақ, байланыс энергиясы (БЭ) мен осциллятор жиілігі  $\mu_1, \mu_2$  және  $\mu$  параметрлерінен тәуелді. Сондақтан, полярлық координаталар жүйесінде келесі түрде жазамыз:

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{\mu}}; \quad x = \frac{1}{\sqrt{\mu_1}}; \quad y = \frac{1}{\sqrt{\mu_2}};$$

Сәйкесінше келесі түрде декарт координаталар жүйесіне өтеміз:

$$x = \rho \sin \varphi; \quad y = \rho \cos \varphi.$$

Онда,  $\rho$  бойынша дифференциалдау

$$\frac{\partial}{\partial \rho} = \frac{\partial \rho}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \rho}{\partial y} \cdot \frac{\partial}{\partial y}$$

түрінде жазылады.

Полярлық координаталардағы бұрыш былай анықталады:

$$\sin \varphi = \frac{x}{\rho} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu_1}}; \quad \cos \varphi = \frac{y}{\rho} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu_2}}; \quad \sin^2 2\varphi = \frac{4\mu_1\mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)^2};$$

Онда, жоғарыдағыларды ескере отырып,  $\mu$  параметрі бойынша дифференциалдауды келесі жолмен анықтаймыз:

$$\frac{d}{d\mu} = \frac{\mu_1}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \mu_1} + \frac{\mu_2}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \mu_2} \quad (9)$$

$\varphi$ -ді анықтауға қажет болатын  $\mu_1, \mu_2$  параметрлерінің мәндерін бірдей кварктерден тұратын мезондардың массалық спектрін зерттеу кезінде анықтауға болады [7,8]. Әр түрлі күйлер үшін  $\sin^2(2\varphi)$ -функцияның мәні 1 кестесінде көрсетілген:

1 кесте - Әр түрлі күйлер үшін  $\sin^2(2\varphi)$ -функцияның мәні

|                 | $\ell$ | 0        | 1        | 2        | 3        |
|-----------------|--------|----------|----------|----------|----------|
| $\bar{u}$       | $s=0$  | 0,992875 | 0,999666 | 0,999774 | 0,999837 |
|                 | $s=1$  | 0,997759 | 0,999698 | 0,999736 | 0,999942 |
| $\bar{c}$       | $s=0$  | 0,807754 | 0,808331 | 0,823756 | 0,840549 |
|                 | $s=1$  | 0,888376 | 0,820645 | 0,820192 | 0,832748 |
| $\bar{b}$       | $s=0$  | 0,391901 | 0,403142 | 0,425912 | 0,45012  |
|                 | $s=1$  | 0,476458 | 0,414885 | 0,422155 | 0,441368 |
| $\bar{\bar{c}}$ | $s=0$  | 0,745768 | 0,79529  | 0,813268 | 0,831916 |
|                 | $s=1$  | 0,858996 | 0,808458 | 0,808788 | 0,827522 |
| $\bar{\bar{b}}$ | $s=0$  | 0,342526 | 0,395436 | 0,416274 | 0,441653 |
|                 | $s=1$  | 0,444421 | 0,403954 | 0,411805 | 0,436346 |
| $\bar{s}$       | $s=0$  | 0,730952 | 0,744102 | 0,754503 | 0,76362  |
|                 | $s=1$  | 0,736189 | 0,744947 | 0,75398  | 0,762392 |

(9) өрнекті ескере отырып (1) өрнектен, азғантай ықшамдаулар жасағаннан кейін  $\frac{dE}{d\mu}$  үшін төмендегі өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned}
\frac{dE}{d\mu} = & \frac{\omega^{2\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right)}{8\rho^2 \mu \cdot \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{32\alpha_S \ell \left(\frac{1}{\mu_1} \frac{1}{\mu_2}\right)^{3\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2}-\rho-1\right)}{9\mu_1\mu_2 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \cdot \frac{2\alpha_S}{6\mu^3} \times \\
& \times \frac{\ell \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \cdot \frac{\omega^{3\rho}}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \cdot \frac{2}{\mu} \left( \frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2} \right) \cdot \frac{\sigma \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{12 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\
& - \frac{\alpha_S}{3} \left[ \frac{S_{12}}{\mu_1\mu_2} + \frac{1}{3} \left( \frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1\mu_2} \right) \right] \times \frac{2\omega^{3\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2}-\rho-1\right)}{\mu \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}.
\end{aligned} \quad (10)$$

Ыңғайлы болу үшін ары қарай жасалатын есептеулер кезінде келесі параметризацияны енгіземіз, яғни өлшемсіз параметрлерге өтеміз

$$\omega^\rho = Z \cdot \sqrt{\sigma}; \quad \mu = x \cdot \sqrt{\sigma}; \quad x = Z \cdot u. \quad (11)$$

Спиндік әсерлесуді ескере отырып, синглеттік және триплеттік күйлер үшін аналитикалық нәтижелерді келтіреміз. Синглет күй үшін БЭ:

$$\begin{aligned}
\frac{E_S}{\sqrt{\sigma}} = & \frac{Z_S^2 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{8\rho^2 x_S \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{1}{Z_S} \frac{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \frac{4\alpha_S Z_S \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\
& - \frac{\alpha_S Z_S^3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{6x_S^2 \rho \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \sin^2(\varphi_S) + \frac{\alpha_S Z_S^3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{12x_S^2 \rho \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}
\end{aligned} \quad (12)$$

және триплет күй үшін:

$$\begin{aligned}
\frac{E_t}{\sqrt{\sigma}} = & \frac{Z_t^2 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{8\rho^2 x_t \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{1}{Z_t} \frac{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \frac{4\alpha_S Z_t \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \\
& + \frac{\alpha_S Z_t^3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{18x_t^2 \rho \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \sin^2(\varphi_t) - \frac{\alpha_S Z_t^3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{12x_t^2 \rho \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\
& - \frac{Z_t^\ell \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{24x_t^2 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \sin^2(\varphi_t) \right\} + \frac{\alpha_S Z_t^3}{18x_t^2 \rho} \left[ \frac{\ell}{2\ell+3} \sin^2(\varphi_t) + 1 \right] \\
& \times \frac{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}.
\end{aligned} \quad (13)$$

(1) өрнектен  $u$  параметрі үшін өрнек аламыз. Бұл теңдеу синглет күй үшін де, триплет күй үшін де былай жазылады:

$$1 - \frac{u\sqrt{u}}{\sqrt{\frac{m_1^2 u}{\sigma Z^2} + W}} - \frac{u\sqrt{u}}{\sqrt{\frac{m_2^2 u}{\sigma Z^2} + W}} = 0, \quad (14)$$

мұндағы параметрлер синглет күй үшін және триплет күй үшін сәйкесінше  $u = u_S, u_t$ ,  $Z = Z_S, Z_t$ ,  $W = W_S, W_t$  түрінде жазылады.

$Z_S$  және  $Z_t$  параметрлері мынаған тең болады

$$Z_S^2 = \frac{4\rho^2 \Gamma(\rho + 2\rho\ell) \tilde{y}_S}{Z_{0S}};$$

$$Z_t^2 = \frac{4\rho^2 \Gamma(\rho + 2\rho\ell) \tilde{y}_t + \frac{\rho^2 \ell}{3u_t} (\sin^4 \varphi_t + \cos^4 \varphi_t) \cdot \Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\left[ Z_{0t} + \frac{2\alpha_S \rho}{3u_t} \left[ \frac{\ell}{2\ell + 3} \cdot \sin^2(\varphi_t) + 1 \right] \Gamma(\rho + 2\rho\ell) \right]}; \quad (15)$$

мұнда келесі белгілеулер қолданылған:

$$Z_{0S} = \Gamma(\rho + 2\rho\ell) - \frac{16}{3} \alpha_S u_S \rho^2 \Gamma(\rho + 2\rho\ell) - \frac{2\alpha_S \rho}{u_S} \Gamma(\rho + 2\rho\ell) \sin^2 2\varphi_S + \frac{\alpha_S \rho(\ell + 1)}{u_S} \Gamma(\rho + 2\rho\ell);$$

$$Z_{0t} = \Gamma(\rho + 2\rho\ell) - \frac{16}{3} \alpha_S u_t \rho^2 \Gamma(\rho + 2\rho\ell) - \frac{2\alpha_S \rho}{3u_t} \Gamma(\rho + 2\rho\ell) \sin^2 2\varphi_t + \frac{\alpha_S \rho(\ell + 1)}{u_t} \Gamma(\rho + 2\rho\ell);$$

$W_S, W_t$  параметрлері келесі жолмен анықталады:

$$W_S = \frac{u_S}{4\rho^2} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)} + \frac{2\alpha_S}{3\rho} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)} \sin^2(\varphi_S) + \frac{\alpha_S(\ell + 1)}{3\rho} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)};$$

$$(16)$$

$$W_t = \frac{u_t}{4\rho^2} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)} - \frac{2\alpha_S}{3\rho} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)} \sin^2(\varphi_t) + \frac{\alpha_S(\ell + 1)}{3\rho} \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)} + \frac{2\alpha_S}{9\rho} \left[ \frac{\ell}{2\ell + 3} \cdot \sin^2(\varphi_t) + 1 \right] \times \frac{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(\rho + 2\rho\ell)}.$$

(12) және (13) көрсетілген теңдеулер элементар жолмен есептеледі, және біз құрамдас бөлшектең массасын, конституентті массасын анықтай аламыз. Мұндай жағдайда, БЭ үшін жазылған өрнекті ескере отырып (6) өрнектен мезонның массасын анықтай аламыз [4,5].

## Мезондардың массасына меншікті энергияның қосатын үлесі

Құрамға енетін бөлшектердің әсерлесуі калибрлік өрістерді алмасу арқылы жүзеге асады, яғни біз қолданған әсерлесу потенциалы барлық мүмкін болатын Фейнман диаграммалары арқылы анықталады. Әсерлесудің екі түрі бар: біріншісі – құрамға енетін бөлшектердің калибрлік өріс арқылы әсерлесуі, ал ол алмасу диаграммалары арқылы жүзеге асады, екіншісі – құрамға енетін бөлшектердің өзара әсерлесуі, яғни меншікті энергия диаграммасы. Алмасу диаграммасы релятивистік емес жағдайда потенциалды әсерлесуге сәйкес келеді, ал меншікті энергия диаграммасы бөлшек массасының қайта нормалануын анықтайтын потенциалды емес әсерлесуге сәйкес келеді. Меншікті энергия диаграммасының енгізілуі [9] жұмыста егжей-тегжейлі қарастырылған және былай жазылады

$$\Delta H_{SE} = -\frac{6\sigma}{\pi} \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \quad (17)$$

мұндағы  $\mu_1$  және  $\mu_2$  – құрамға енетін бөлшектердің конституентті массы,  $\sigma$  – струнаның созылуы. Меншікті энергия диаграммасын ескерген кездегі байланысқан күйдің массасы:

$$\frac{M}{\sqrt{\sigma}} = \frac{\mu_1}{\sqrt{\sigma}} + \frac{\mu_2}{\sqrt{\sigma}} + x \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{E}{\sqrt{\sigma}} \right) + \frac{E}{\sqrt{\sigma}} - \frac{6\sqrt{\sigma}}{\mu\pi}. \quad (18)$$

Алынған сандық есептеулер 2 және 3 кестеде көрсетілген.

Кестеде 2 – орбиталды қозған,  $\langle \bar{u} \rangle$  кварктерінен тұратын мезонның энергетикалық және массалық спектрі. БЭ мен массалары  $\alpha_S = 0.39$  мәнінде  $GeV$  бірлігінде анықталған.

|       | $\ell$        | 0<br>$\sigma = 0.45 \text{ GeV}^2$ | 1<br>$\sigma = 0.225 \text{ GeV}^2$ | 2<br>$\sigma = 0.215 \text{ GeV}^2$ | 3<br>$\sigma = 0.2 \text{ GeV}^2$ |
|-------|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| $S=0$ | $\rho_S$      | 0.520                              | 0.626                               | 0.594                               | 0.59                              |
|       | $u_S$         | 0.4416                             | 0.6049                              | 0.7647                              | 0.8604                            |
|       | $E_S$         | 1.2826                             | 1.4648                              | 1.6761                              | 1.8783                            |
|       | $\mu_1$       | 0.51403                            | 0.58997                             | 0.6416                              | 0.6983                            |
|       | $\mu_2$       | .05302                             | 0.6041                              | 0.6546                              | 0.7103                            |
|       | $M_{sp}(our)$ | 0.1684                             | 1.2549                              | 1.6988                              | 2.0477                            |
|       | $M_{sp}(exp)$ |                                    | 1.272±0.007                         |                                     |                                   |
| $S=1$ | $\rho_S$      | 0.522                              | 0.563                               | 0.569                               | 0.573                             |
|       | $u_S$         | 0.7536                             | .07986                              | 0.8727                              | 0.9404                            |
|       | $E_S$         | 1.0373                             | 1.4813                              | 1.6725                              | 1.8681                            |
|       | $\mu_1$       | 0.7444                             | 0.6573                              | 0.6829                              | 0.7287                            |

|  |               |        |        |        |        |
|--|---------------|--------|--------|--------|--------|
|  | $\mu_2$       | 0.7557 | 0.670  | 0.6952 | 0.7402 |
|  | $M_{sp(our)}$ | 0.9878 | 1.4189 | 1.7732 | 2.0896 |
|  | $M_{sp(exp)}$ |        |        |        |        |

Кестеде 3 – орбиталды қозған,  $(\bar{c}u)$  кварктерінен тұратын мезонның энергетикалық және массалық спектрі. БЭ мен массалары  $\alpha_s=0.2$ ,  $\sigma=0.26 \text{ GeV}^2$  мәндерінде  $\text{GeV}$  бірлігінде анықталған.

|       |               |                |              |         |         |
|-------|---------------|----------------|--------------|---------|---------|
|       | $\ell$        | 0              | 1            | 2       | 3       |
| $S=0$ | $\rho_S$      | 0.665          | 0.595        | 0.582   | 0.582   |
|       | $u_S$         | 0.5454         | 0.7715       | 0.8936  | 0.9742  |
|       | $E_S$         | 0.9688         | 1.4322       | 1.7775  | 2.0686  |
|       | $\mu_1$       | 1.4201         | 1.4731       | 1.520   | 1.5645  |
|       | $\mu_2$       | 0.4977         | 0.63336      | 0.736   | 0.8238  |
|       | $M_{sp(our)}$ | 1.815          | 2.443        | 2.8917  | 3.2644  |
|       | $M_{sp(exp)}$ | 1.8696±0.0002  | 2.422±0.0013 |         |         |
| $S=1$ | $\rho_S$      | 0.533          | 0.562        | 0.571   | 0.574   |
|       | $u_S$         | 0.8005         | 0.8696       | 0.941   | 1.0104  |
|       | $E_S$         | 1.0185         | 1.4396       | 1.7744  | 2.0615  |
|       | $\mu_1$       | 1.4395         | 1.4869       | 1.5318  | 1.575   |
|       | $\mu_2$       | 0.55078        | 0.6649       | 0.76003 | 0.84368 |
|       | $M_{sp(our)}$ | 1.9346         | 2.4836       | 2.9115  | 3.2751  |
|       | $M_{sp(exp)}$ | 2.00697±0.0019 | 2.460        |         |         |

### Қолданылған әдебиеттер

- [1] Berestetskii V.B., Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P. //Quantum Electrodynamics, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, - 1982.
- [2] Weinberg S.; The quantum theory of fields, Cambridge University Press, Cambridge. // - 1995.
- [3] Artega G A, Fernandez F M and Castro E A. Large order perturbation theory and summation method in quantum mechanics//Lecture Notes in Physics. – 1990, Vol.53. – P.78.
- [4] Shifman M.A., Vainshtain A.I., Zakharov V.I. Nucl. Phys. B. 1979. V.147.
- [5] Dosch H.G. Phys. Lett. B. 1987.V.190.P. 177; Dosch H.G. and Simonov Yu.A. Phys. Lett. B. 1988.V.205.P. 393.~с.340-350(2005)
- [6] S. L. Adler and A. C. Davis, Nucl. Phys. B244 (1984) 469.
- [7] Dineykhan M., Zhaugasheva S.A., Nurbakova G.S. Definition of mass spectrum of mesons whit spin-orbit. // International Bogolyubov Conference Problems of Theoretical and Mathematical Physics dedicated to the 100th anniversary of the birth of N.N. Bogolyubov (1909 - 1992), which will be held from 21 to 27 August 2009, at Moscow

- Dubna. - P.123. M. Dineykhan, G.V. Efimov and Kh. Namsrai, Fortsch. Determination of the constituent masses and masses of mesons consisting of light quarks. Phys. 39, 259(1991).
- [8] Simonov Yu.A.// Phys. Lett.B. - 2001 .Vol.515. - P.137.

## REFERENCES

- [1] Berestetskii V.B., Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P. //Quantum Electrodynamics, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, - 1982.
- [2] Weinberg S.; The quantum theory of fields, Cambridge University Press, Cambridge. // - 1995.
- [3] Artega G A, Fernandez F M and Castro E A. Large orderperturbation theory and summation method sinquantum mechanics/Lecture Notes in Physics. – 1990, Vol.53. – P.78.
- [4] Shifman M.A., Vainshtain A.I., Zakharov V.I. Nucl. Phys. B. 1979. V.147.
- [5] Dosch H.G. Phys. Lett. B. 1987.V.190.P. 177; Dosch H.G. and Simonov Yu.A. Phys. Lett. B. 1988.V.205.P. 393.~с.340-350(2005)
- [6] S. L. Adler and A. C. Davis, Nucl. Phys. B244 (1984) 469.
- [7] Dineykhan M., Zhaugasheva S.A., Nurbakova G.S. Definition of mass spectrum of mesons whit spin-orbit. // International Bogolyubov Conference Problems of Theoretical and Mathematical Physics dedicated to the 100th anniversary of the birth of N.N. Bogolyubov (1909 - 1992), which will be held from 21 to 27 August 2009, at Moscow – Dubna. - P.123.
- [8] M. Dineykhan, G.V. Efimov and Kh. Namsrai, Fortsch. Determination of the constituent masses and masses of mesons consisting of light quarks.  
a. Phys. 39, 259(1991).
- [9] Simonov Yu.A.// Phys. Lett.B. - 2001 .Vol.515. - P.137.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС И КОНСТИТУЕНТНЫХ МАСС МЕЗОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ГАМИЛЬТОНИАНА

Г. Нурбакыт<sup>1</sup>, С.Е. Кемелжанова<sup>1</sup>

[gumi-nur@mail.ru](mailto:gumi-nur@mail.ru)

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** гамильтониан взаимодействия, приведенная масса, калибровочные поля, энергетический спектр, квантовый осциллятор, оптическая ловушка.

**Аннотация.** В данной работе был рассчитан массовый спектр мезонов состоящих из легких-тяжелых кварков. Определена зависимость конститuentной массы от орбитального квантового числа. Несмотря на, что не была введена матрица каиббо-кобаяши-макавы, все характеристики были определены посредством конститuentных масс кварков. При вычислениях мы учитывали октет-синглетное перемешивание. Результаты солглауются с экспериментальными данными как для легких, так и для тяжелых кварков.

NURBAKYT G.

Master of nuclear physics, Theoretical and Nuclear Physics Department, Faculty of Physics and Technology  
Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

S.E.KEMELZHANOVA

Master of nuclear physics, Theoretical and Nuclear Physics Department, Faculty of Physics and Technology  
Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

---